

Algas 56

Boletín de la Sociedad Española de Ficología



Invasión de la especie exótica *Rugulopteryx okamurae* en Andalucía: II. Foro Alga Invasora

Félix L. Figueroa¹, Jesús M. Mercado², Enrique Moreno-Ostos³, Pedro Sánchez Castillo⁴, Francisco Franco⁵, Elena Bañares⁶, Fernando Alarcón⁷, Mar Recuna⁸, Javier Noriega⁸

¹ Universidad de Málaga, Instituto de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA), Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Campus Universitario de Teatinos s/n 29071-Málaga.

² Centro Oceanográfico de Málaga. Instituto Español de Oceanografía. Puerto Pesquero s/n. 29640-Fuengirola, Málaga.

³ CEIMAR, Universidad de Málaga, Departamento de Ecología y Geología. Facultad de Ciencias. Campus Universitario de Teatinos s/n 29071-Málaga.

⁴ CEIMAR, Universidad de Granada, Departamento de Botánica y Fisiología vegetal. Avda. Fuentenueva s/n. 18071-Granada.

⁵ Universidad de Málaga, Cátedra Ciencias Litoral Costa del Sol, Departamento de Química inorgánica, Cristalografía y Mineralogía Campus Universitario de Teatinos s/n 29071-Málaga.

⁶ Universidad de Málaga, Instituto de Biotecnología y Desarrollo Azul (IBYDA) y Cátedra Ciencias Litoral Costa del Sol, Málaga, Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias. Campus Universitario de Teatinos s/n. 29071-Málaga.

⁷ Asociación Equilibrio Marino. c/Honduras, 9. 29007-Málaga

⁸ Clúster marítimo marino de Andalucía. Edificio Green ray. Campus Universitario de Teatinos. 29010-Málaga

*Autor de correspondencia: Felixlfigueroa@uma.es

El bienestar humano y el desarrollo social requieren de un medio ambiente adecuado, a menudo en peligro en la realidad global que vivimos. La invasión biológica del alga *Rugulopteryx okamurae* en las costas andaluzas está representando una grave amenaza para nuestra biodiversidad marina así como para la conservación de la estructura y función de estos ecosistemas y su capacidad para prestar servicios que supone. Los firmantes de este artículo, ante el reto que esto supone, tras una serie de reuniones presenciales y virtuales celebradas en los meses de marzo y abril de 2020, acordaron promover la constitución de un foro que integrara (i) al tejido investigador en el ámbito científico-técnico (conscientes en primer lugar de la importancia que tienen las ciencias experimentales y sociales y la tecnología para diagnosticar y evaluar la relevancia del problema y proponer herramientas para encontrar soluciones), (ii) al tejido empresarial y productivo (desde la perspectiva de que la economía azul es un eje estratégico en el desarrollo de las regiones), (iii) a la ciudadanía, organizada en torno a asociaciones y otros colectivos y (iv) a administraciones locales, regionales y nacionales (capaces de proporcionar

respuestas a este problema transversal). Se trataba de articular y poner en marcha el efectivo modelo de la cuádruple hélice (Academia, Administración pública, Empresa y Sociedad para estar a la altura del reto que significa la invasión del alga *Rugulopteryx okamurae* en nuestras costas.

En junio de este año se constituyó el **Foro Alga invasora** con el objetivo de contribuir desde una base científica a la gestión, control y potencial erradicación (en áreas invadidas de alto valor ecológico) del alga exótica invasora *Rugulopteryx okamurae* en las costas andaluzas.

Principios organizativos del Foro

La gestión de especies invasoras en el medio marino debe estar basada en la prevención (reduciendo el riesgo de los vectores de entrada como el transporte marítimo, la acuicultura y acuariofilia entre otros) y en la detección temprana para evitar su propagación en el marco de un programa coordinado de gestión de especies invasoras. Cuando una especie exótica ya ha colonizado de forma exitosa los hábitats costeros, como es el caso de *Rugulopteryx okamurae*, es necesario además la aplicación de estrategias

basadas en la contención para evitar su expansión y en medidas de bases científico-tecnológicas que contribuyan a la disminución de la biomasa del alga invasora y a la recuperación de los hábitats costeros impactados. Todo ello implica tener un mayor conocimiento de la especie a todos los niveles. En este contexto, el Foro *Alga Invasora* pretende ser un instrumento útil basado en el conocimiento científico y orientado a apoyar y coordinar acciones que ayuden al control de la invasión asesorando a las administraciones competentes. Es por este carácter transversal que el Foro nace como una iniciativa abierta, a la que de hecho se han adherido múltiples organismos públicos de investigación en Andalucía entre los que se incluyen, además de los grupos promotores, el Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (ICMAN) del CSIC, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA), investigadores/as de las Universidades de Cádiz, Granada, Sevilla, Almería y Málaga, Centro Andaluz para la Evaluación y Seguimiento del Cambio Global (UAL), Universidad de Oldenburg, Ayuntamientos de Tarifa y Barbate, Diputación Provincial de Cádiz, Grupos de Acción Local Pesquera de Almería, Cádiz y Málaga (GALP), Federación Nacional de Pesca Artesanal (FENAPA), Organización de productores pesqueros de Almería (OPP71), Federación andaluza Cofradía de Pescadores de Algeciras, Centros de Buceo de la provincia de Málaga, Granada y Cádiz, Asociación Algas del Estrecho, Asociación Galatea, Asociación Nereide, Sección de Educación Permanente de Tarifa, Aula del Mar de Málaga, Ecologistas en Acción, OSEGS (Organization for Science, Education and Global Society) y las empresa LifeBioencapsulation, Energygen, Andalussea y Masterbio. Hasta la fecha, el Foro Alga invasora cuenta con un total de 33 de adhesiones institucionales y 26 personales.

Por otro lado, aunque este Foro nace como consecuencia del hecho concreto de la invasión en la costa andaluza por un alga exótica, surge también con vocación nacional e internacional, pretendiendo servir de modelo organizativo para abordar otros problemas similares que pueden surgir en costas

españolas y europeas, pues la proliferación de especies invasoras es un fenómeno transfronterizo asociado al cambio global y a la intensa conectividad entre todos los países del mundo. Es obvio que este fenómeno global requiere soluciones coordinadas e internacionales.

El foro Alga invasora tratará de articular y poner en marcha el efectivo modelo de la cuádruple hélice (Academia, Administración pública, Empresa y Sociedad) para estar a la altura del reto que significa la invasión del alga *Rugulopteryx okamurae* en nuestras costas con un enfoque interdisciplinar relacionando Ciencia, Tecnología y Sociedad (Fig.1)

¿Cómo abordar el problema del alga invasora? Consideraciones iniciales

Una de las principales carencias para abordar el problema es el escaso conocimiento de la ecología y fisiología de *Rugulopteryx okamurae*. Esta falta de información es claramente puesta de manifiesto en el bajo número de documentos científicos sobre este alga que es posible localizar en los repositorios (Fig. 2). El déficit de conocimiento queda aún más patente si se compara con el que se tenía en las primeras etapas de detección de otras especies de algas invasoras en la costa española como el caso de *Caulerpa racemosa* mostrado en la Fig. 2. Aunque se ha avanzado algo en mejorar el conocimiento de esta especie desde su aparición en nuestra costa, la información científica sobre el alga continúa siendo muy limitada, de manera que se desconocen aún los factores que han permitido que el alga se haya instalado en nuestra costa con tanto éxito. El Foro considera que aumentar decididamente la investigación interdisciplinar de los factores autoecológicos y ambientales que favorecen la proliferación y dispersión de *Rugulopteryx okamurae* es condición indispensable para poder establecer medidas adecuadas de gestión. En particular, se precisa una intensiva investigación sobre la biología y fisiología de la especie, incluyendo patrones de reproducción, herbívoros potenciales, hongos, bacterias y virus asociados; también se desconocen las condiciones

oceanográficas de la columna de agua que están favoreciendo la colonización expansiva de esta especie. La afectación a la diversas especies vegetales y animales locales bentónicas, a la calidad del sedimento marino y a los propios ciclos biogeoquímicos son aspectos que deben también ser investigados.

ENFOQUE INTEGRADO E INTERDISCIPLINAR PARA CONTROL Y REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE LA INVASIÓN DE *RUGULOPTERYX OKAMURAE*

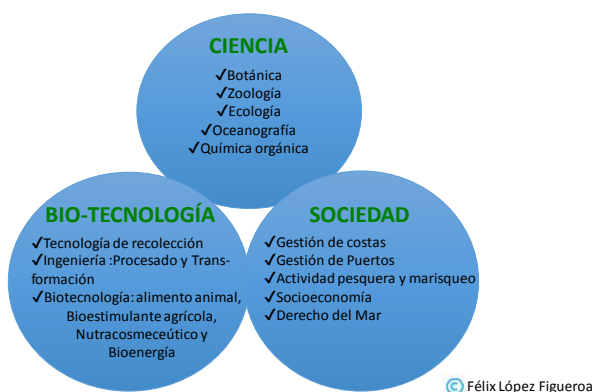


Fig 1. Áreas y temáticas de Ciencias, Bio-tecnología y Sociedad con competencias para abordar la investigación y medidas de control del impacto ecológico y socioeconómico que está provocando el alga invasora *Rugulopteryx okamurae*.

muy limitada, de manera que se desconocen aún los factores que han permitido que el alga se haya instalado en nuestra costa con tanto éxito. El Foro considera que aumentar decididamente la investigación interdisciplinar de los factores autoecológicos y ambientales que favorecen la proliferación y dispersión de *Rugulopteryx okamurae* es condición indispensable para poder establecer medidas adecuadas de gestión.

En particular, se precisa una intensiva investigación sobre la biología y fisiología de la especie, incluyendo patrones de reproducción, herbívoros potenciales, hongos, bacterias y virus asociados; también se desconocen las condiciones oceanográficas de la columna de agua que están favoreciendo la colonización expansiva de esta especie. La afectación a la diversas especies vegetales y animales locales bentónicas, a la calidad del sedimento marino y a los propios ciclos biogeoquímicos son aspectos que deben también ser investigados.

Al igual que ocurrió con la invasión de *Caulerpa taxifolia*, a la Sociedad Española de Ficología le corresponde realizar un importante papel de apoyo a la difusión y promoción de todas aquellas actividades encaminadas a poner de manifiesto la importancia del proceso biológico y social que está generando la actual invasión de *Rugulopteryx okamurae*. En este artículo damos a conocer la finalidad y propuestas del Foro Alga Invasora para facilitar la puesta en común y discusión de todas aquellas iniciativas, científicas y sociales, que puedan aportar ideas para abordar este importante problema que hoy afecta a Andalucía y probablemente pudiera extenderse por todo el Mediterráneo. La forma en la que la Unión Europea asumió el problema de *Caulerpa taxifolia* es un ejemplo que debemos reclamar de las administraciones regionales, nacionales y europeas.

Preocupados/as, porque resulta prioritario establecer medidas preventivas que disminuyan el riesgo y eviten la llegada de *Rugulopteryx okamurae* a áreas marinas protegidas de alto valor ecológico. La alerta temprana implica la integración de los recursos estatales y autonómicos para aumentar la efectividad frente a la invasión.

Al impulso de la investigación se deben unir acciones debidamente orientadas para actuar sobre las áreas marinas severamente afectadas (con coberturas de más del 90 %, incluido zonas protegidas como el Parque Natural del Estrecho); es necesario discutir y llevar a cabo en su caso proyectos pilotos de sistemas de extracción o reducción de la biomasa del alga lo más respetuosos posibles con el ecosistema y la flora y fauna marina autóctona. Esta estrategia debe ser complementada con un plan de recogida sistemática de las algas de arribazón, ya que el alga permanece viable durante mucho tiempo y si vuelve al mar puede seguir proliferando. En todo caso la recogida del alga en el mar antes de su llegada y deposición en la costa presenta ventajas medioambientales ya que se evitaría el impacto que produce sobre la arena o roca. En este marco, el foro *Alga Invasora* considera que la solución efectiva del problema del alga y el control de la misma, se debe encuadrar dentro del

enfoque de la Economía Circular. La investigación científica podrá establecer las pautas a seguir en relación a la neutralización del problema del alga y podrá así mismo señalar vías para identificar ámbitos de aprovechamiento y aplicación (agroalimentario, farmacia, bioenergía, biotecnología, nuevos biopolímeros, cosmética, piensos, compostaje, etc.) que podrían servir también para incentivar su erradicación y control sostenible. En este sentido, por ejemplo, el estudio del aprovechamiento de la biomasa extraída del mar en vez de ir a vertederos podría ser una vía para valorizar su recogida. El aprovechamiento integral de la biomasa dentro de un enfoque de desarrollo azul y circular puede contribuir a la financiación de la gestión y conservación de los ecosistemas.

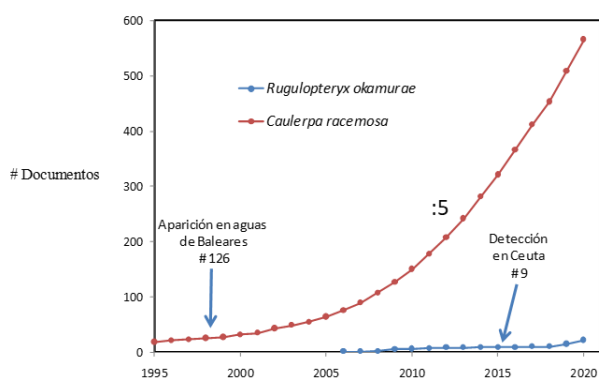


Fig 2. Curva acumulada del número de documentos científicos publicados que contienen información sobre *Rugulopteryx okamurae* según la base de datos SCOPUS (consulta realizada el 20/11/2020; Search: *Rugulopteryx okamurae*, All fields). Para comparación, se muestra también la curva acumulada de documentos sobre *Caulerpa racemosa* (nótese que estos datos están divididos entre cinco para facilitar la representación conjunta con los datos de *R. okamurae*).

Conscientes de la relevancia ambiental y socio-económica de este problema, el Foro pretende también aunar esfuerzos para sensibilizar a la sociedad de tal forma que se implique en la promoción de soluciones efectivas a este problema, velando porque su gestión se oriente hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas, dentro de un compromiso integral por la conservación del medio marino y el impulso de la Economía Azul. Este Foro pretende ser un instrumento de colaboración con las administraciones públicas responsables de la

gestión ambiental que son las que deben coordinar y liderar la estrategia coordinada de acción contra esta especie invasora. Cuanto antes se comience a trabajar en esta dinámica coordinada, antes se contará con mejores herramientas científicas y experiencias para abordar las nuevas invasiones.

El problema medioambiental que está generando *Rugulopteryx okamurae* es de tal escala que implica transversalmente a todas las administraciones públicas (locales, regionales y estatales), de las cuales se espera que coordinen un plan de actuación con organismos públicos de I+D+i y de los sectores productivos y sociales implicados. Todas estas actuaciones deben estar amparadas por un plan de gestión bajo el control y permiso de la administración pública competente en el marco de la ley 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad donde especifica en su artículo 64.5 que “La inclusión en el Catálogo Español de Especies exóticas invasoras conlleva la prohibición genérica de posesión, transporte, tráfico y comercio de ejemplares vivos, de sus restos o propágulos que pudieran sobrevivir o reproducirse, incluyendo el comercio exterior. Esta prohibición podrá quedar sin efecto, previa autorización administrativa de la autoridad competente cuando sea necesario por razones de investigación, salud o seguridad de las personas o con fines de control o erradicación, el marco de estrategias, planes y campañas que, a tal efecto, se aprueben y teniendo en cuenta la relevancia de aspectos sociales y/o económicos de la actividad a la que afecten” Por otro lado en Artículo 7. Efectos de la inclusión de una especie en el catálogo del RD 630/2013 se indica también la exclusión de las limitaciones que tiene cualquier especie invasora por las razones que se establecen en la Ley 42/2007 (texto refundido).

Acciones propuestas y líneas de actuación

El plan de acción del foro se encuentra abierto a las contribuciones de todas las personas e instituciones (públicas y privadas) que se integren en esta alianza. Como un esquema de partida, consideramos que se deben contemplar los siguientes puntos:

1. *Acciones para obtener un mayor conocimiento científico sobre *Rugulopteryx okamurae*, basado en la investigación fundamental ecosistémica con el fin de reducir su impacto ambiental en el medio costero.*
2. *Acciones para la prevención y alerta temprana de especies invasoras.*
3. *Acciones para reducir el riesgo de vectores de transmisión como es el tráfico marítimo con el efectivo tratamiento de aguas de lastre, acuicultura y otros*
4. *Acciones para la extracción selectiva de la especie invasora, y para la eliminación y valorización de la biomasa.*
5. *Acciones para contribuir al conocimiento y la gestión integrada del problema socio-ambiental a partir de la metodología propuesta por la Evaluación de Ecosistemas del Milenio de Naciones Unidas.*
6. *Acciones para promover de forma efectiva el modelo de la cuádruple hélice.*
7. *Acciones para construir una agenda de actuación y de sensibilización a las administraciones públicas, tutelares del medio ambiente en el territorio, acerca de la importancia de la cooperación, integración y actuación ante dicho problema.*

De acuerdo con los recursos de que se dispone, el objetivo operativo del Foro en esta primera etapa de andadura se centra en ofrecer asesoramiento científico y técnico a las autoridades competentes y a la sociedad en general, contribuyendo a la coordinación de los medios estatales, autonómicos y locales, públicos y privados, para aumentar la efectividad de la respuesta frente a la invasión dentro de las líneas de actuación:

Línea 1. Prevención

Línea 2. Reducción de su presencia

Línea 3. Aumento del conocimiento científico

Línea 4. Difusión y concienciación social del problema

Dentro de cada línea, se detallan a continuación las actuaciones concretas que el Foro se propone inicialmente llevar a cabo para los próximos meses.

Línea 1. Prevención

La prevención se debe basar en una doble estrategia de vigilancia tanto del área de distribución del alga como de los vectores y/o factores ambientales que pueden favorecer su expansión. Dentro de esta línea, el Foro considera que la Ciencia Ciudadana representa una herramienta con enorme potencial, dado que nuestra sociedad cuenta con numerosos colectivos que realizan labores de observación de nuestro litoral (club de buceo, asociaciones, pescadores). Durante los próximos meses, el Foro se propone:

Acción 1.1 Realizar un inventario de los grupos de investigación y otros colectivos que realizan actividades en nuestro litoral, que pueden ser aprovechadas para recabar información y datos sobre la presencia del alga y/o el estado de los factores ambientales relevantes. Dicho inventario incluirá también un listado de laboratorios y equipamientos, así como la identificación de los proyectos ya en marcha que pueden aportar datos.

Acción 1.2 Poner en contacto a los colectivos identificados con el fin de promover la elaboración conjunta de un proyecto de ciencia ciudadana enfocado específicamente a la vigilancia de la presencia del alga en nuestras costas.

Acción 1.3 Elaborar un documento de análisis, basado en la información publicada y pública, sobre el estado de los posibles vectores de entrada y factores que favorecen la expansión del alga, identificando en su caso la normativa aplicable a su control y su grado de cumplimiento.

Línea 2. Reducción de la presencia de *R. okamurae*

El foro considera que en los lugares en los que el alga se ha instalado desplazando a las comunidades autóctonas, es preciso llevar a cabo acciones para su reducción y potencial erradicación como un primer paso para la restauración de los ecosistemas dañados. Sin embargo, este proceso debe ser llevado a cabo con todas las garantías posibles para asegurar su efectividad, así como que no produce otros daños colaterales en el medio marino. Para ayudar a identificar medios técnicos y métodos que pudieran ser efectivos, el Foro se propone realizar las siguientes acciones:

Acción 2.1 Coordinar un taller entre empresas de base tecnológica, grupos de investigación y administración con la finalidad de discutir e identificar métodos posibles de recogida de biomasa y limitación de su presencia.

Acción 2.2 Coordinar la elaboración y presentación de una acción piloto en la que se testen alguno o algunos de los métodos potenciales de erradicación identificados en la acción 2.1.

Línea 3. Aumento del conocimiento científico.

La identificación de los factores que explican la proliferación del alga en nuestras costas requiere de un buen conocimiento de su ciclo biológico, de su fisiología y autoecología, su composición bioquímica y de sus interacciones con otras comunidades, tanto de macrófitos como de potenciales depredadores. Sólo con este conocimiento es posible diseñar planes efectivos para prevenir su expansión y acciones de remediación. El control de la biomasa del alga invasora debería estar asociado a la valorización de la biomasa, evitando en parte que ésta sea un residuo de difícil y costosa gestión. Los compuestos bioactivos de *Rugulopetrix okamurae* podrían tener aplicaciones agrícolas (compostaje, bioestimulantes), alimentarias, cosmeceúticas y/o energéticas, entre otras. Todo ello se haría aplicando el enfoque de biorrefinería y de economía circular. El conocimiento científico de la biología de esta especie es todavía muy limitado en comparación con el de otras especies de algas invasoras, lo que sin duda está lastrando la gestión

de este problema. El Foro se propone fomentar la investigación sobre esta especie a través de las siguientes acciones:

Acción 3.1 Coordinar un encuentro científico entre los grupos de investigación e investigadores/as que conforman el Foro con el fin de resumir el conocimiento actual sobre la fisiología y autoecología del alga así como identificar líneas prioritarias de investigación.

Acción 3.2 Coordinar la elaboración y presentación de propuestas de proyectos de investigación para presentar a convocatorias competitivas.

Acción 3.3 Hacer llegar a los organismos competentes la necesidad de que se publiquen convocatorias abiertas de proyectos u otras acciones de investigación específicamente dirigidas al estudio del alga invasora.

Línea 4. Difusión y concienciación social del problema

El Foro considera que es necesario dar mayor visibilidad a toda la problemática asociada al alga; por su magnitud, el problema debe ser reconocido como uno de los principales retos ambientales a que se enfrenta nuestra sociedad y así debe constar en las agendas de los diferentes actores políticos y organismos encargados de la gestión de nuestro medio marino. Además, es preciso que el Foro articule mecanismos para dar a conocer el resultado de sus actuaciones, así como los documentos e información relevantes que vaya generando. Con estos objetivos, se realizarán las siguientes acciones transversales, que apoyarán el desarrollo de las acciones asociadas a las tres líneas anteriores:

Acción 4.1 Puesta a punto de una página web donde se recogerá información sobre las actuaciones, documentos producidos y noticias de actualidad que puedan ser relevantes para los objetivos propuestos.

Acción 4.2 Celebración de una primera reunión con todos los miembros del Foro en la que se discutirá y, en su caso, se aprobará con las modificaciones que se propongan el presente Plan de Acción.

Acción 4.3 Ronda de reuniones con administraciones competentes

Para desarrollar este Plan de Acción, el Foro se organizará a través de tres grupos de trabajo:

GT1. Grupo de Trabajo para incrementar el conocimiento científico del alga.

GT2. Grupo de Trabajo para el análisis de estrategias de mitigación y proyectos piloto.

GT3. Grupo de Trabajo para la evaluación del impacto económico y social del alga.

En principio cada grupo de trabajo desarrollará la respectiva línea de actuación de manera autónoma según el esquema descrito, si bien serán grupos transversales que trabajarán en coordinación con el resto de grupos, con los que compartirán e intercambiarán conocimiento y experiencias. Para favorecer este trabajo conjunto, la línea 4 será coordinada por el grupo promotor del Foro. Cada grupo contará con uno o varios coordinadores, que tendrán la función de dinamizar sus actuaciones y servirán de enlace con el grupo promotor.

Los miembros del Foro serán invitados adscribirse a uno de estos grupos de trabajo, que tendrán como primera tarea definir sus objetivos concretos dentro del marco de actuación descrito en este Plan de Acción. No obstante, esta estructura de trabajo así como el propio Plan de Acción, serán discutidos y fijados definitivamente en una Asamblea General de todos los miembros del Foro (Acción 4.2).

El Foro Alga invasora nace como foro abierto y promoverá la coordinación con cualquier otra iniciativa que tenga como objetivo la investigación y control de la especie invasora y junto con las administraciones competentes podamos contribuir a reducir el impacto ecológico y socioeconómico que la invasión de *Rugulopteryx okamurae* está produciendo.

Referencias

- Altamirano, M., De la Rosa, J., Martínez Medina, J.J. (2016) Arribazones de la especie exótica *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee & H.S. Kim (Dictyotales, Ochrophyta) en el Estrecho de Gibraltar: primera cita para el Atlántico y España. *Algas* 52:20.
- Martínez-Grande, L. (2016) Estrategias de gestión de arribazones en las playas: aplicación al término municipal de la Línea de la Concepción. Trabajo de Fin de Grado, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz.
- Molnar, J.L., Gamboa, R.L., Revenga, C., Spalding, M.D. (2008) Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and Environment* 6: 485-492.
- Tirado, S. (2013) Capitán Salmedina. Santa Teresa Industrias Gráficas SA. DL CA 181-2013.